

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-099556

(43)Date of publication of application : 05.04.2002

(51)Int.Cl.

G06F 17/30
G06F 17/14
G06T 7/00

(21)Application number : 2000-288564

(71)Applicant : TOKAI UNIV

(22)Date of filing : 22.09.2000

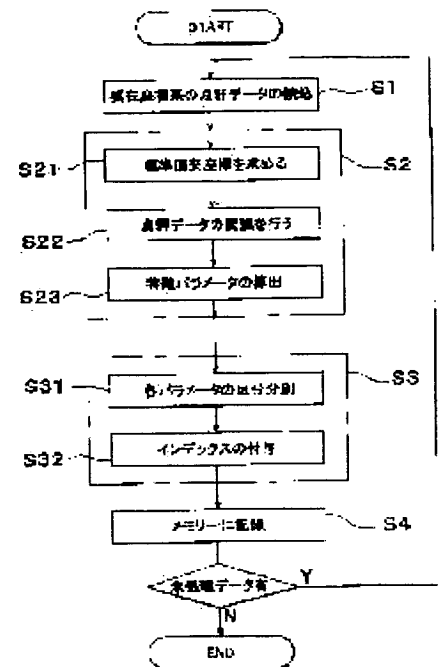
(72)Inventor : FURUYAMA TSUNEO

(54) DATABASE CREATION METHOD FOR CLASSIFICATION APPARATUS USING OBJECT SHAPE, AND RETRIEVAL METHOD FOR THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an effective sorting method and a retrieval method that objectively process a three dimensional object shape and perform computation in a practicable range.

SOLUTION: In this arrangement, there are provided: a step for obtaining point group data wherein the coordinates comprise a plurality of known points at the points on an object surface; a step for extracting parameters representing the shape of the object by executing a given processing on the point; a step for storing the parameters and applying indexes to the sorted parameter group; and a step for mutually relating the indexes and point group data or the parameter group to record to a storage device.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-99556

(P2002-99556A)

(43)公開日 平成14年4月5日(2002.4.5)

(51)Int CL'	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト*(参考)
G 0 6 F 17/30	2 1 0	G 0 6 F 17/30	2 1 0 D 5 B 0 5 6
	2 3 0		2 3 0 Z 5 B 0 7 5
17/14		17/14	A 5 L 0 9 6
G 0 6 T 7/00		G 0 6 T 7/00	C
	3 0 0		3 0 0 F

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-288564(P2000-288564)

(22)出願日 平成12年9月22日(2000.9.22)

(71)出願人 000125369

学校法人東海大学

東京都渋谷区富ヶ谷2丁目28番4号

(72)発明者 古山 恒夫

神奈川県藤沢市大堀1033番地の13

(74)代理人 100100435

弁理士 久保田 健治

Fターム(参考) 5B056 AA06 BB12 HH03

5B075 ND06 NK21 NR12

5L096 AA09 FA01 FA23 FA32 FA60

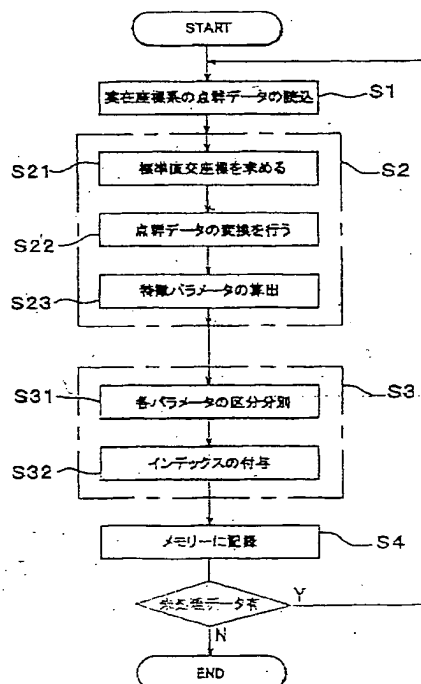
FA70 GA19 JA11 JA22

(54)【発明の名称】 物体の形状による類別装置のデータベースの作成方法及び検索方法

(57)【要約】

【課題】 3次元物体の形状を客観的に処理し、かつ計算も実用可能な範囲の有効な分類法並びに検索方法を提供することを課題としている。

【解決手段】 物体の表面上の点で座標が既知の複数の点からなる点群データを得る工程と、該点群データに一定の処理を施して物体の形状を表すパラメータを抽出する工程と、該パラメータを分類して分類されたパラメータ群にインデックスを付す工程と、インデックス及び前記点群データ又はパラメータ群とを関連づけて記憶装置に記録する工程とを具備していることを特徴とする。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体の表面上の点で座標が既知の複数の点からなる点群データを得る工程と、該点群データに一定の処理を施して物体の形状を表すパラメータを抽出する工程と、該パラメータを分類して分類されたパラメータ群にインデックスを付す工程と、インデックス及び前記点群データ又はパラメータ群とを関連づけて記憶装置に記録する工程とを具備していることを特徴とする物体の形状による類別装置のデータベース作成方法。

【請求項2】 前記点群データを得る工程は、3次元座標標準化装置を利用して3次元座標系を3次元メッシュに区切り、該物体の表面の一部がそこに存在する場合にそのメッシュ内の代表点とその座標とを点群データとすることを特徴とする請求項1に記載の物体の形状による類別装置のデータベースの作成方法。

【請求項3】 前記点群データを得る工程は、3次元形状測定装置を利用して、前記物体表面の測定点及び測定された座標を点群データとすることを特徴とする請求項1に記載の物体の形状による類別装置のデータベースの作成方法。

【請求項4】 前記パラメータを抽出する工程は、前記点群データの重心座標を求め、該重心座標を原点とする標準直交座標を定め、該点群データから該標準直交座標による点群データに変換し、固有値とフーリエ係数とを算出する工程とを含むことを特徴とする請求項1～請求項3の何れか1に記載の物体の形状による類別装置のデータベースの作成方法。

【請求項5】 前記フーリエ係数は2次元余弦フーリエ係数としたことを特徴とする請求項4に記載の物体の形状による類別装置のデータベースの作成方法。

【請求項6】 前記インデックスを付与する工程は、前記固有値と前記フーリエ係数値又はこれらの規準値に対してクラスを求め、求めた各クラスの組み合わせに対してインデックスを付することを特徴とする請求項4又は請求項5のいずれか1に記載の物体の形状による類別装置のデータベースの作成方法。

【請求項7】 物体の表面上の座標が既知の複数の点からなる点群データを得る工程と、該点群データに一定の処理を施して物体の形状を表すパラメータを得る工程と、該パラメータを分類して分類されたパラメータ群からデータベースを作成したと同一又は類似の方法によりインデックスを求める工程と、求めたインデックスと同一又は最も近いインデックスの形状をデータベースから検索する工程とを具備することを特徴とする類別装置のデータベースの検索方法。

【請求項8】 物体の表面上の点で座標が既知の複数の点からなる点群データを取得し、該点群データに一定の処理を施して物体の形状を表すパラメータを抽出し、該パラメータを分類して分類されたパラメータ群にインデックスを付し、該インデックス及び前記点群データ又は

パラメータ群とを関連づけて記録したことを特徴とする記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、3次元物体の形状による分類方法及び同装置の技術分野に属する。さらに、具体的には3次元物体の形状から特徴パラメータを機械的に算出し、特徴パラメータの値によりインデックスを付与して分類する方法等の技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】従来から、形状の異なる3次元物体を区別して、分類する方法が必要とされていた。例えば、考古学的な発掘土品（骨、壺、石器類など）を既に発掘されている出土品と比較したりする場合や、自動車の車体の設計で、新しく設計したデザインを過去に設計した車体のデザインと比較する場合、人間の歯形を人物鑑定に利用する場合には、過去に得られている形状データをデータベースとして蓄積し、新しい形状をこのデータベースから検索する方法が有用視されている。

【0003】このようなデータベースを作成し、検索する方法としては、物体の形状に関する人間に既に知られている形状（球、正立方体、正四面体など）を利用して、物体の形状を特徴づけたり、又は物体の機能面から、形状を特徴づけて分類する方法があった。このような方法は人間の個人差のため分類が異なったり、また、無数に近い形状に対しては、分類が一定の法則に基づいて行われなため複雑になりすぎて、データベースを作成することが困難であった。

【0004】また、別の方法としては物体全体を連続的に写真撮影し、その2次元データ全体に対して主成分分析を行い、そこから得られるパラメータのうちいくつかを3次元物体の形状の特徴を表すパラメータとして採用し、その採用されたパラメータに従って、物体を分類する方法が従来から提案されている。この方法は3次元物体の周囲を連続的に撮影して展開した2次元画像をもとに特徴パラメータを計算するために、分類が対象物の撮影方法に依存したり、またパラメータを計算するための計算量が膨大になり、実用化が困難であった。

【0005】また、物体の形状を数式で表現し、その数式や係数パラメータに基づいて分類する方法も提案されていた。しかし、この方法は類似形状の物体でも数式や係数が著しく異なり、類似形状とされず、正確な分類が困難であった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上述べたように、従来技術では、類別が人間の主観に左右されたり、計算量が膨大で実用化に困難であるという課題があった。本発明は3次元物体の形状を客観的に処理し、かつ計算も実用可能な範囲の有効な分類法及び、その分類法に基づくデータベースの作成並びに検索方法を提供することを課

題としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明は以下の手段を採用している。即ち、請求項1記載の発明は、物体の表面上の点で座標が既知の複数の点からなる点群データを得る工程と、該点群データに一定の処理を施して物体の形状を表すパラメータを抽出する工程と、該パラメータを分類して分類されたパラメータ群にインデックスを付す工程と、インデックス及び前記点群データ又はパラメータ群とを関連づけて記憶装置に記録する工程とを具備していることを特徴としている。

【0008】請求項2記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記点群データを得る工程は、3次元座標標準化装置を利用して3次元座標系を3次元メッシュに区切り、該物体の一部がそこに存在する場合にそのメッシュ内の代表点とその座標を点群データとすることを特徴としている。

【0009】請求項3記載の発明は、請求項1又は請求項2のいずれかに記載の発明において、前記点群データを得る工程は、3次元形状測定装置を利用して、前記物体表面の測定点及び測定された座標を点群データとすることを特徴としている。

【0010】請求項4記載の発明は、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の発明において、前記パラメータを抽出する工程は、前記点群データの重心座標を求め、該重心を原点とする標準直交座標を定め、該点群データから該標準直交座標による点群データに変換し、変換された点群データから固有値とフーリエ係数とを算出する工程とを含むことを特徴としている。

【0011】請求項5記載の発明は、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の発明において、前記フーリエ係数は2次元余弦フーリエ係数としたことを特徴としている。

【0012】請求項6記載の発明は、請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の発明において、前記インデックスを付与する工程は、前記固有値と前記フーリエ係数の組み合わせに対してインデックスを付することを特徴としている。

【0013】請求項7記載の発明は、物体の表面上の座標が既知の複数の点からなる点群データを得る工程と、該点群データに一定の処理を施して物体の形状を表すパラメータを得る工程と、該パラメータを分類して分類されたパラメータ群からデータベースを作成したと同一又は類似の方法によりインデックスを求める工程と、求めたインデックスと同一又は最も近いインデックスの形状をデータベースから検索する工程とを具備することを特徴としている。

【0014】請求項8記載の発明は、物体の表面上の点で座標が既知の複数の点からなる点群データを取得し、

該点群データに一定の処理を施して物体の形状を表すパラメータを抽出し、該パラメータを分類して分類されたパラメータ群にインデックスを付し、該インデックス及び前記点群データ又はパラメータ群とを関連づけて記録したことを特徴としている。

【0015】

【発明の実施形態】図1は本発明を実施した実施形態のデータベースの作成方法の手順を示す図である。以下図面を利用して説明する。図1において、ステップS1では、対象とする3次元物体（以下、対象物体という）表面上の複数の点の実際の3次元座標系（以下、実系という）における3次元座標値を求め、点群データとしてメモリーに記録する。3次元座標を求める方法としては、実在の対象物体を3次元形状測定装置を使用して求めてもよいし、対象物体の形状がCADデータとして与えられている場合は3次元座標標準化装置（又は同標準化方法）を使用して求めてもよい。3次元座標標準化装置は既知の装置である。例えばCADによって半径1の球が数式(1)

【数1】

$$X^2 + Y^2 + Z^2 = 1 \quad \dots (1)$$

のように表現されている場合は点群データを以下のようにして求める。即ち、最初にX-Y平面を細かなメッシュで区切る。次にあるメッシュの中心座標(x, y)に対して数式(1)を満たすz座標を求め、3次元座標(x, y, z)を1つの点の座標とする。これを全てのメッシュに対して計算して、X-Y平面をベースとした半径1の球の点群データが求められる。なお、X-Y平面に対して垂直な面の点がまばらになることを防ぐために、同様のことをY-Z平面、Z-X平面に対して行うことが望ましい。

【0016】ステップS2は、対象物体の形状を表すパラメータを求める工程で、標準直交座標系を求めるステップS21と、ステップS1で求めた点群データを標準直交座標系による表示に変換するステップS22と、変換された点群データに数値計算的な処理を施して2次元余弦フーリエ係数を求めるステップS23とからなる。標準直交座標を求めるステップS21は実系における対象物体の座標決定の自由度を失くし、画一化するために行うもので図2に示すステップからなる。ステップS101で点群データの重心を求める。ここで重心は一般に使用されている対象物体の質量の重心（対象物体が均質な場合体積の重心）ではなく、表面積に対するものであり、データの各座標に対する平均値を意味する。

【0017】ステップS102では、求められた重心を原点として主成分分析を行う。主成分分析法は多次元観測変量（データ）を無相関でかつ重要度の順序がついた変量（データ）に変換する次元縮小法の1つとして知られている方法であり、多次元の変量データの変化を少数

個の变量データで説明することを目的にしている従来技術である。主成分分析によって得られた最大固有値 (λ_1) に対応する固有ベクトル (第1主成分) を標準直交座標系の x 軸とする。次に、第1主成分に直交する平面における最大固有値 (λ_2) を求め、これに対応する固有ベクトル (第2主成分) を標準直交座標系の y 軸とする。 x 軸、 y 軸とそれぞれに直交する固有ベクトルは一意に定まり、これを z 軸とし、対応する固有値を (λ_3) とする。

【0018】図3は、対角軸の長さが異なる8面体を標準直交座標系で表した図である。図4 (A) は、標準直交座標系で表された8面体を x 軸、 y 軸、 z 軸方向に2倍、3倍に引き伸ばした場合の固有値の変化を示し、図4 (B) は x 軸方向のみを2倍、3倍に引き伸ばした場合の固有値の変化を示す。図4 (A)、(B) から理解できるように、物体の大きさを各軸方向の固有値で代表させると最大固有値 (λ_1) が物体の大きさを示す目安となり、また、物体を各軸方向に等倍または異なった比率で伸縮させると対応する固有値が増減する。従って固

$$a[m, n] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (z_i \cdot \cos \frac{2\pi m x_i}{L_x} \cdot \cos \frac{2\pi n y_j}{L_y}) \quad \dots (2)$$

なお数式 (2) で、 N は z 座標が正の場合 ($z \geq 0$) となる点の全個数であり、 L_x はこの場合の x_i の最大値 x_{\max} と x_i の最小値 x_{\min} との差 $L_x = x_{\max} - x_{\min}$ である。 L_y も同様に $L_y = y_{\max} - y_{\min}$ である。同様に

$$a^-[m, n] = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (z_i \cdot \cos \frac{2\pi m x_i}{L_x} \cdot \cos \frac{2\pi n y_j}{L_y}) \quad \dots (3)$$

数式 (3) で、 M は z 座標が $z \leq 0$ となる点の全個数であり、 L_x はこの場合の x_i の最大値 x_{\max} と x_i の最小値 x_{\min} との差 $L_x = x_{\max} - x_{\min}$ である。 L_y も同様に $L_y = y_{\max} - y_{\min}$ である。

【0021】図5、図6は基本的な形状として、L型、8面体、立方体、球、円柱、及び円錐を選んでフーリエ係数 $a[m, n]$ を求め、 $a[0, 0]$ で正規化した結果を示す図である。図5は前記形状について8個の2次元余弦フーリエ係数 $a[0, 1]$ 、…… $a[2, 2]$ の大きさを比較した結果を示す。図6は前記各形状について8個の2次元余弦フーリエ係数 $a[0, 1]$ 、 $a[0, 2]$ 、 $a[1, 0]$ 、 $a[1, 1]$ 、…… $a[2, 2]$ の分布 (変化) を示した図である。図5、図6から明らかなように、物体の表面形状の差異によってフーリエ係数の分布形状に著しい差異が認められるし、係数の数値の大きさにも差異が認められる。このことは、本方法による有効性を示しているものと考えられ

る。固有値又は固有値の比をパラメータに選定すれば、物体の標準座標系での各軸における伸縮状態が把握できる。

【0019】固有値の大きさだけでは対象物体の形状を把握できないので、ステップS23で2次元フーリエ係数を求める。フーリエ係数は関数 $f(\cdot)$ をフーリエ展開したときの係数である。ここでは z 座標の値を関数 $f(x, y)$ で表し、関数 $f(x, y)$ のフーリエ係数を求める。なお、関数 $f(x, y)$ は図3から分かるように同一の (x, y) に対して一般に正及び負の値 (2値) をとる。また、対称形の場合フーリエ係数がゼロになる。それを避けるため正と負に分けて求める。即ち、 $z \geq 0$ の範囲と $z \leq 0$ の範囲に分けてフーリエ係数を求める。また、フーリエ係数に \sin の項を含めると \sin は奇関数であるために左右が打ち消し合って小さな値となるので \cos の組み合わせを用いる。

【0020】フーリエ係数 $a[m, n]$ を数式 (2) で定義する。なお、記号「 \cdot 」は乗算を示す (以下同じ)。

【数2】

$$a[m, n] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (z_i \cdot \cos \frac{2\pi m x_i}{L_x} \cdot \cos \frac{2\pi n y_j}{L_y}) \quad \dots (2)$$

z 座標が $z \leq 0$ の場合に対してフーリエ係数 $a^-[m, n]$ を数式 (3) で定義する。

【数3】

$$a^-[m, n] = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (z_i \cdot \cos \frac{2\pi m x_i}{L_x} \cdot \cos \frac{2\pi n y_j}{L_y}) \quad \dots (3)$$

る。

【0022】さらに図9に示すようなL型、T型、トライボット型について、直径 d とパイプ長さ L の比 $h = L/d$ が変化した場合の固有値とフーリエ係数の変化を図10 (A)、(B) に示す。比 h は $h = 3, 5, 6$ の場合について求め、固有値は最大固有値で正規化した値を示し、フーリエ係数は $a[0, 0]$ で正規化した値を示す。正規化した値は絶対的なスケールに影響されず同じ値になるからである。(B) に示す正規化されたフーリエ係数は $h = 5$ と $h = 6$ の場合について各フーリエ係数とも略一致し、人間の持っている類似の概念と略一致していることが分かる。即ち、本方法による分類は人間の類似の概念に近い分類の可能性を示唆している。

【0023】ステップS3では得られたパラメータを処理してインデックスを付す工程であり、この工程は全てのパラメータを複数のクラスに分割を行うステップS31とインデックスを付すステップS32とからなる。ス

ステップS31ではパラメータとして固有値(λ_1)と固有値の比(λ_2/λ_1)、(λ_3/λ_1)及びフーリエ係数 $a[m, n]$ 、 $a^*[m, n]$ を選択パラメータとする。各パラメータを丸めて、K個(例えばK=100)のクラスに分割する。この分割されたクラスの集合に(00)から(99)までの整数を対応させる。例えば固有値(λ_1)に対しては固有値(λ_1)の最小値と最大値を λ_{MIN} 、 λ_{MAX} と仮定し、 $\lambda_1^* = ((\lambda_1 - \lambda_{MIN})/L) \cdot 100$ を求めて、求めた λ_1^* を四捨五入して丸め、(0~99)の整数に対応させる。ただし、 $L = \lambda_{MAX} - \lambda_{MIN}$ である。

【0024】また、比(λ_2/λ_1)、(λ_3/λ_1)は[0, 1]の範囲にあるので、それぞれ100倍して四捨五入して丸め、(0~99)の整数に対応させる。同様に $a[m, n]/a[0, 0]$ は(-1, 1)の範

囲にあるので $a[m, n] = (a[m, n]/a[0, 0] + 1) \cdot 50$ として得られた数値 $a[m, n]$ を四捨五入して丸め、(0~99)の整数を対応させる。 $a^*[m, n]$ についても同様に行う。以上の手続きにより、全てのパラメータは(0~99)の整数で表されたクラスと対応づけられる。

【0025】ステップS32では、クラスの集合{C: $i = 1, 2, \dots, n$ }に対してインデックスJに対応させる。インデックスJとしては、各パラメータのクラスを一定の順序で並べた整数の組合せ(又は配列)としてもよいし、1つの大きな整数に対応させて表してもよい。後者の例としては、例えば各パラメータのクラスを2桁の整数 IP_i で表し、各クラスを一定の順序で並べて、インデックスJを、

【数4】

$$J = \sum_{n=1}^n (IP_n \cdot (10^{2(n-1)})) \quad \dots \quad (4)$$

数式4で表現としてもよい。ステップS4ではこのようにして得られたインデックスと実系で得られた点群データとを対応させてメモリに記録する。データの記録方式として、例えば図7に示すように行う。即ち、メモリA領域には実系で得られた点群データをアドレスa1に記録し、次の点群データをアドレスa2に記録する。次にステップS21で得られた固有値、固有ベクトルを記録し、その下にステップS22で得られた標準直交座標に変換された点群データを記録する。その次にステップS23で得られる特徴パラメータとして2次元余弦フーリエ係数の値を記録し、その下に付与されたインデックスJ1を記録する。

【0026】一方メモリB領域は付与されたインデックスJ1と検索に便利なデータ並びに点群データのアドレスを記録する。まず、付与されたインデックスJ1に対してそのインデックスに属するパラメータの範囲を記録し、同一のインデックスJ1に対して得られた順に番号と各パラメータの値と点群データが入っているアドレスa1を記録する。この操作手順を得られた点群データの全てについて行う。これによって、インデックスと点群データとが関連付けられて、データベースが作成される。

【0027】以上データベース作成方法の1例について説明したが、特徴パラメータの分割の組数によっては同じインデックスをもつ点群データの個数が集中し、検索が不便になる場合も起こり得る。このような場合には割込命令により、又は自動的にパラメータの分割組数を変更して、統合又は細分割を行わせるようにしてもよい。即ち、上記した例において選択したパラメータがk個で、各パラメータを100個の組に分類しており、全体で(100*k)個の組に分類される。この結果、分類される組数が多すぎて、インデックスに対応するデー

タが存在しない場合が多く発生し、インデックスによる検索に不都合が生じる場合がある。このような場合においてはパラメータの分割組数を小さくするなどしてデータベースの構成を対象物体の性質により修正する。

【0028】図8は、検索の手順をしめすアルゴリズムのフローチャートを示す。図8において、ステップS1~ステップS3はデータベースの作成手順(図1参照)で述べた手順と同一又は類似である。即ち、検索する対象物体の点群データを得る。この点群データはデータベースの作成時の座標系と同じであってもよいし、異なってもよい。異なっている場合は必要があれば変換して一致させる。また、直接標準直交座標系で表された点群データであってもよい。得られた点群データから、データベース作成時のパラメータを算出し、同じ方法でインデックスを付ける。

【0029】ステップS4では検索方法を選択する。検索方法が唯一であると、同じインデックスをもつ形状が多過ぎたり、皆無であったりして検索が困難になる。このため、複数の検索方法を用意しておき、その中から選択させて検索を行う。或いは必要なパラメータを要求させて、パラメータによって検索方法を変更するにしてもよい。例えば検索する対象物体のインデックスを構成するパラメータに重みを付けるようにして、データベースのインデックスとの重み付き距離(例えば重み付き2乗和)の小さいものを類似形状としてもよい。或いは特徴パラメータの値の組を大分類と小分類に分けてもよい。例えばパラメータが2桁の整数で表されている場合は1桁目と2桁目の整数が同一の場合のみパラメータを同じとする小分類と1桁目の整数を無視して2桁目の整数が同じならば同一のパラメータとみなしてインデックスを同一とし、大分類としてもよい。ステップS5では、同一のインデックスとして検索されたものを出力す

る。同一のインデックスのデータがない場合は最も近いものを出力するようにしてもよい。

【0030】以上、この発明の実施形態、実施例を図面により詳述してきたが、具体的な構成はこの実施例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があってもこの発明に含まれる。例えば、以上述べた実施形態では3次元直交座標系を採用した場合について述べてきたが、点群データを円柱座標系による表示、又は極座標系による表示した場合も適用可能であり、本発明の範囲内に入る。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の構成によれば、3次元物体の形状の分類が自動的（機械的）に行われるため人間の個人差を排除した分類が可能になるという効果が得られる。また形状の微細な差異も分類可能であり、さらに計算量が膨大なものにならないため実用的かつ有用な分類法が可能になるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態の手続流れを示すフローチャートである。

【図2】 標準直交座標系を求める手続流れを示す。

【図3】 8面体の斜視図を示す。

【図4】 (A)、(B)は軸方向に引き伸ばした場合の固有値の変化割合を示す。

【図5】 各種の形状における2次元余弦フーリエ係数の比較を示す。

【図6】 各種の形状における2次元余弦フーリエ係数の比較を示す。

【図7】 データベースに記録する記録方式の例を示す。

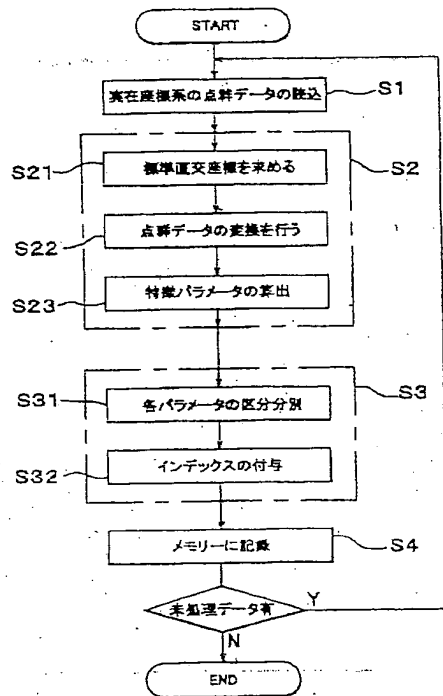
【図8】 本発明の検索方法の流れを示すフローチャートである。

【図9】 L型、T型、トライボット型の斜視図を示す。

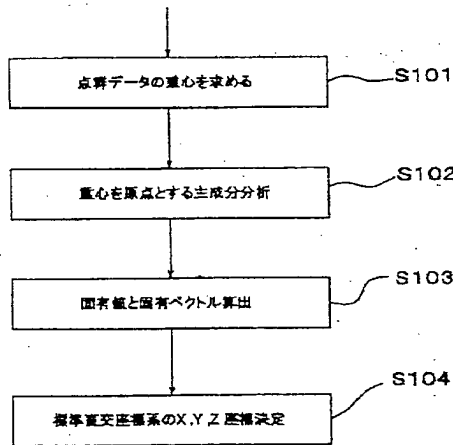
【図10】 太さ対長さの比を変化させた場合の固有値の変化(A)、及びフーリエ係数の変化(B)を示す。

【符号の説明】

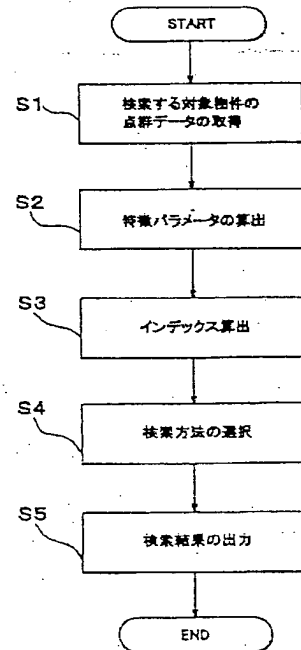
【図1】



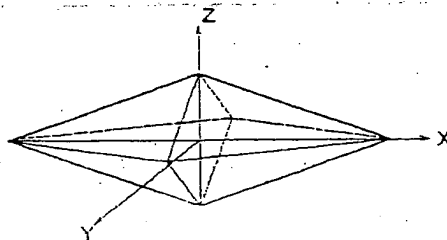
【図2】



【図8】



【図3】



【図4】

8面体の面有値の比率
(各軸方向に等倍引き伸ばした場合)

	標準	2倍	3倍
λ_1	1.49	5.97	13.5
λ_2/λ_1	0.44	0.45	0.45
λ_3/λ_1	0.11	0.11	0.11

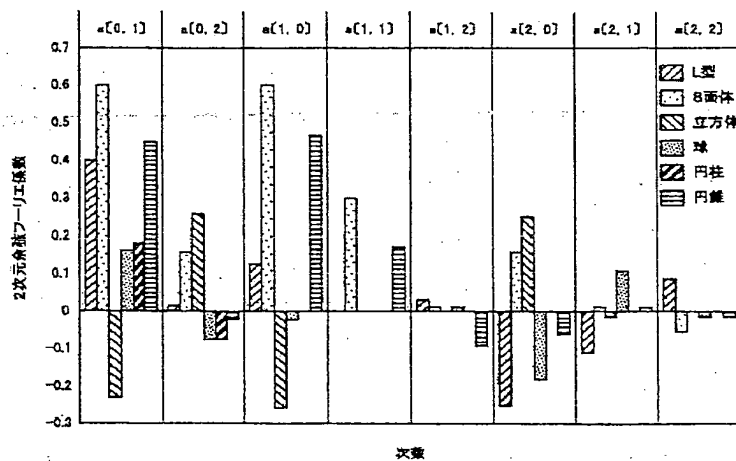
(A)

8面体の面有値の比率
(x軸方向のみ引き伸ばした場合)

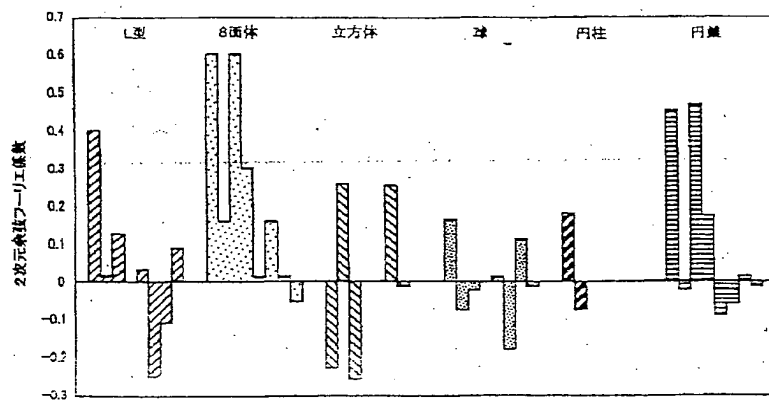
	標準	2倍	3倍
λ_1	1.49	5.97	13.5
λ_2	0.66	0.66	0.66
λ_3	0.17	0.17	0.17

(B)

【図5】



【図6】



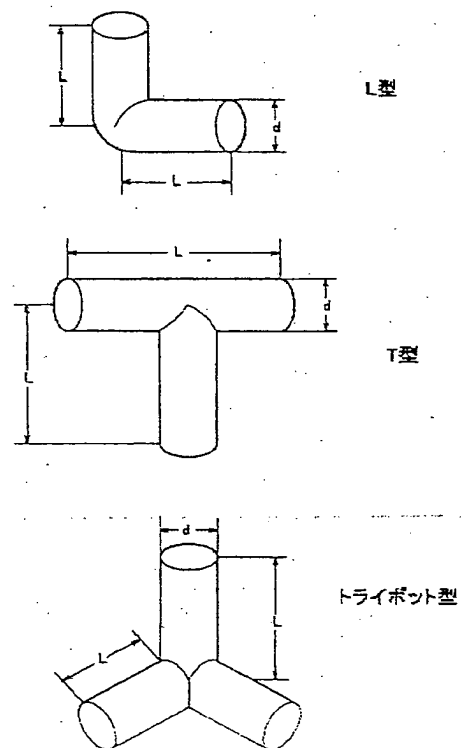
【図7】

メモリA	
アドレス #1	点群データ (実系)
	面有値面有ベクトル
	点群データ (標準直交変換系)
	2次元余弦フーリエ係数
	インデックス J1
アドレス #2	点群データ (実系)

メモリB

インデックスJ1 各パラメータの範囲		
番号1	各パラメータの値	アドレス #1
2	#	# #2
:		
インデックスJ2 各パラメータの範囲		

【図9】



【図10】

(A)

固有値						
	比 h	λ_1	λ_2	λ_3	λ_2/λ_1	λ_3/λ_1
L型	3	1.90	0.83	0.49	0.44	0.26
	5	4.67	1.41	0.49	0.30	0.11
	6	6.58	1.83	0.49	0.28	0.08
T型	3	1.92	1.12	0.56	0.58	0.29
	5	6.94	3.75	0.56	0.54	0.08
	6	4.90	2.87	0.56	0.54	0.11
トライボット型	3	1.73	1.25	0.89	0.72	0.40
	5	4.00	2.85	1.03	0.66	0.26
	6	5.56	3.58	1.29	0.64	0.23

(B)

フーリエ係数										
	比 h	$a[0, 0]$	$a[0, 1]$	$a[0, 2]$	$a[1, 0]$	$a[1, 1]$	$a[1, 2]$	$a[2, 0]$	$a[2, 1]$	$a[2, 2]$
L型	3	1.00	0.38	0.01	0.15	-0.03	-0.01	-0.23	-0.09	0.08
	5	1.00	0.37	-0.04	0.09	0.02	0.07	-0.22	-0.18	0.01
	6	1.00	0.35	-0.07	0.06	0.03	0.07	-0.20	-0.20	-0.05
T型	3	1.00	0.28	-0.10	0.38	0.06	-0.02	0.15	0.03	0.01
	5	1.00	0.24	-0.10	0.39	0.02	0.01	0.28	0.03	0.04
	6	1.00	0.22	-0.12	0.39	0.01	0.01	0.29	0.03	0.05
トライボット型	3	1.00	0.53	0.00	0.40	0.16	-0.04	-0.05	-0.10	-0.04
	5	1.00	0.67	0.20	0.56	0.34	0.08	0.02	-0.07	-0.08
	6	1.00	0.72	0.30	0.61	0.41	0.18	0.07	-0.02	-0.07